

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

**CENTRO DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACION**

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA



**ESTUDIO DE LA PRESENCIA DEL ELEMENTO PLOMO EN SALUD
OCUPACIONAL EN TRABAJADORES DE LA PLANTA
CONCENTRADORA DE MINERALES DON DIEGO – POTOSI**

**TRABAJO EN OPCION A DIPLOMADO
EN GESTION AMBIENTAL, SEGURIDAD
Y SALUD OCUPACIONAL, VERSIÓN II**

NORIAN IVETH RAMIREZ CONDORI

SUCRE, OCTUBRE DE 2020

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo para la obtención del Diploma en GESTION AMBIENTAL, SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su consulta, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca los derechos de publicación del total de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior su aprobación.

Nombre y Apellidos y Firma del o la Cursante

Sucre, octubre de 2020

DEDICATORIA

*A mis Padres y mi hija,
Su gran fortaleza fue el motor
que me permitió avanzar incluso
en los momentos más difíciles.
Gracias desde el fondo de mi corazón.*

AGRADECIMIENTOS

*A Dios por que siempre me acompaña
en cada paso que doy.*

A mi madre por haberme apoyado en todo momento.

*A mi padre por los ejemplos de perseverancia y
constancia que lo caracterizan,
y que me ha infundado siempre;
por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.*

*A mi hija por la paciencia y por todo el apoyo
que siempre me brinda,
mil y mil gracias.*

RESUMEN

El plomo es un metal que se ha usado extensamente desde la antigüedad. Este metal afecta sistemas, órganos y tejidos y su efecto puede ser proporcional a la cantidad presente en el organismo. Pero los umbrales de sus efectos tóxicos varían en diferentes individuos.

La intoxicación por plomo tiene efectos adversos en la salud humana de los trabajadores ocupacionalmente expuestos a diferentes concentraciones pudiendo causar diferentes.

Es por ello que en la planta concentradora de minerales Don Diego se identificó riesgos a la salud a los que se encuentran expuestos los trabajadores, que se pueden evitar y/o reducir mediante la determinación de adecuadas estrategias de prevención a partir del uso de técnicas para la detección, medición, evaluación y control de los riesgos, permitiendo de esta manera garantizar las condiciones adecuadas de salud, higiene, seguridad y bienestar en el trabajador.

Tomando en cuenta dichos aspectos es importante el estudio de la presencia del elemento plomo, esto permite identificar lugares de mayor incidencia, en este caso dicho estudio se realizó, con los resultados de laboratorio de plomo en sangre de todos los trabajadores de la planta.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
1. Antecedentes y Justificación	1
2. Situación Problémica.....	3
3. Formulación del Problema de Investigación o Pregunta Científica	3
4. Objetivo General.....	3
5. Objetivo Especifico	4
6. Diseño metodológico.....	4
CAPITULO 1	5
1. MARCO TEORICO Y CONTEXTUAL	5
1.1. Principales teorías que abordan la temática	5
1.2. Descripción del contexto social, económico y cultural en el que se realiza la investigación.	23
CAPITULO II.....	28
2.1. Diagnostico	28
2.2. Conclusiones y recomendaciones	31
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	32
ANEXOS	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Niveles de acción y valores límite de exposición al plomo según comunidades internacionales	26
Tabla 2 Datos de ubicación geográfica de la planta concentradora de minerales Don Diego.	27
Tabla 3 Datos de trabajadores y resultados de plomo en sangre.	28

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1 Ubicación satelital de la planta concentradora de minerales Don diego	27
Gráfica 2 Datos de trabajadores y resultados de plomo en sangre.	30

INTRODUCCION

1. Antecedentes y Justificación

Actualmente, la exposición ocupacional a contaminantes como metales pesados y plaguicidas ha crecido por la actividad industrial, minera y agrícola.

El plomo es un metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre. Su uso generalizado ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública.

La Organización está elaborando una serie de directrices para la prevención y el tratamiento de la intoxicación por plomo; su finalidad es ofrecer a los responsables de la formulación de políticas, las autoridades de salud pública y los profesionales sanitarios una orientación de base científica sobre las medidas que se pueden adoptar para proteger la salud de la población, tanto infantil como adulta, frente a la exposición al plomo.

En vista de que el plomo sigue constituyendo una importante fuente de exposición en numerosos países, la OMS ha unido fuerzas con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente con el fin de crear la Alianza Mundial para Eliminar el Uso del Plomo en la Pintura. Esta iniciativa de colaboración tiene por finalidad concentrar y catalizar los esfuerzos desplegados para alcanzar los objetivos internacionales de prevenir la exposición de los niños al plomo a través de pinturas que contienen ese metal y minimizar el riesgo de exposición ocupacional a las mismas. El objetivo general es promover la eliminación gradual de la fabricación y venta de pinturas que contienen plomo y, con el tiempo, eliminar los riesgos a ellas asociados. (OMS, 2013)

Entre las principales fuentes de contaminación ambiental destacan la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje en algunos países, el uso persistente de pinturas y gasolinas con plomo. Más de tres cuartas partes del consumo mundial de plomo

corresponden a la fabricación de baterías de plomo-ácido para vehículos de motor. Sin embargo, este metal también se utiliza en muchos otros productos, como pigmentos, pinturas, material de soldadura, vidrieras, vajillas de cristal, municiones, esmaltes cerámicos, artículos de joyería y juguetes, así como en algunos productos cosméticos y medicamentos tradicionales. También puede contener plomo el agua potable canalizada a través de tuberías de plomo o con soldadura a base de este metal. En la actualidad, buena parte del plomo comercializado en los mercados mundiales se obtiene por medio del reciclaje.

Las evidencias de estudios toxicológicos, epidemiológicos, bioquímicos y fisiológicos, demuestran que el plomo tiene efectos adversos en la salud humana de los trabajadores ocupacionalmente expuestos a diferentes concentraciones pudiendo causar infertilidad masculina. El impacto de la exposición crónica al plomo en el varón incluye reducción de la libido, alteración en la espermatogénesis (reducción en cantidad y motilidad, e incremento de formas anormales de los espermatozoides), daño cromosómico, función prostática anormal y cambios en los niveles de testosterona.

Todos los seres vivos tienen derecho a gozar de un ambiente saludable en el desarrollo de sus actividades, es así que a partir de la promulgación de la Constitución Política del Estado (artículo 7º), la ley N° 1333 “Ley del Medio Ambiente” (27 de abril de 1992), el Código de Seguridad Social (14 de diciembre 1956), El Código de Trabajo y el Decreto Ley N° 16998 (2 de agosto de 1979) en nuestro país, adquiere vital importancia el bienestar y salud de los seres humanos.

Dentro de la planta concentradora de minerales Don Diego existen riesgos a la salud a los que se encuentran expuestos los trabajadores, que se pueden evitar y/o reducir mediante la determinación de adecuadas estrategias de prevención a partir del uso de técnicas para la detección, medición, evaluación y control de los riesgos, permitiendo de esta manera garantizar las condiciones adecuadas de salud, higiene, seguridad y bienestar en el trabajador; lograr un ambiente de trabajo salubre, asimismo, proteger y conservar la integridad física del recurso humano.

2. Situación Problemática

La operación metalúrgica de Don Diego opera desde la gestión de 1981 procesando sus cargas mineralógicas procedentes de las minas de San Lorenzo, Colquechaquita, Reserva y Tres Amigos, este procesamiento de la planta comprende etapas de trituración, molienda, flotación, filtración y comercialización de minerales de complejo de plomo, plata y zinc. En dichos procesos existes diferentes niveles exposición a los elementos mencionados por ello se ve la necesidad de realizar un estudio que nos ayude a determinar medidas de prevención y mitigación ya que el elemento plomo presenta un riesgo a la salud de los trabajadores.

La situación actual del plomo en la salud para la OMS ha incluido el plomo dentro de una lista de diez productos químicos causantes de graves problemas de salud pública que exigen la intervención de los Estados Miembros para proteger la salud de los trabajadores, los niños y las mujeres en edad fecunda. Por estos motivos, es importante realizar el **estudio de la presencia del elemento plomo en salud ocupacional en trabajadores de la planta concentradora de minerales Don Diego – Potosi**. Esto nos ayudara a tomar medidas de control, si es que asi lo requiere.

Una evaluación de riesgos adecuada garantiza, entre otras cosas, que se tienen en cuenta todos los riesgos pertinentes (y no solo los más inmediatos o evidentes).

3. Formulación del Problema de Investigación o Pregunta Científica

En el desarrollo de la monografía, se busca responder al siguiente problema de investigación: ¿Cómo se podrá determinar la presencia del elemento plomo en trabajadores de la planta concentradora de minerales Don Diego – departamento de Potosí?

4. Objetivo General

Realizar el estudio de la presencia del elemento plomo en trabajadores de la planta concentradora de minerales Don Diego – Departamento de Potosí.

5. Objetivo Especifico

- Identificar los peligros y riesgos relacionados con el elemento plomo en la salud de los trabajadores de la planta concentradora de minerales.
- Establecer qué áreas de trabajo representan una mayor exposición al elemento plomo.
- Establecer las áreas de trabajo donde el plomo tenga mayor incidencia.
- Verificar que los niveles de plomo en sangre, estén dentro de los parámetros establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

6. Diseño metodológico

La presente Monografía se basa en un estudio descriptivo, a continuación, se explica qué proceso de metodología se lleva a cabo para alcanzar y cumplir con los objetivos, propuestos en el inicio de este proyecto.

- a) Análisis documental, que consiste en la revisión bibliográfica para determinar los principales conceptos sobre el plomo y efectos en la salud.
- b) Estadístico, este método servirá para procedimiento del manejo de datos cualitativos y cuantitativos de la investigación; con el propósito de la comprobación, en una parte de la realidad, de una o varias consecuencias verificables de la investigación.
- c) Análisis – síntesis, este método nos permite conocer más profundamente las realidades con las que nos enfrentamos, simplificar su descripción, descubrir relaciones aparentemente ocultas y construir nuevos conocimientos a partir de otros que ya poseíamos. Por todo ello, tiene un carácter genérico y está relacionada con varias competencias (pensamiento crítico, resolución de problemas, organización y planificación o toma de decisiones, por poner algunos ejemplos).

CAPITULO 1

1. MARCO TEORICO Y CONTEXTUAL

Para poder comprender, gran parte del documento, debemos enfatizar ciertos conceptos, que a continuación serán detallados.

1.1. Principales teorías que abordan la temática

La minería, generación

La minería es una actividad de gran impacto sobre todos los factores (bióticos y abióticos) constituyentes del ecosistema por el cual, los proyectos y/o actividades que se realizan para este fin, conlleva paralelamente a la generación de diferentes tipos de emisión de polvo.

La Empresa Minera Sinchi Wayra, Grupo Caballo Blanco tiene como actividades principales la exploración, explotación, concentrado y la comercialización de minerales que desarrolla yacimientos mineros de manera sostenible para contribuir el crecimiento de la industria Boliviana cuidando y apoyando el Medio Ambiente.

La operación metalúrgica de Don Diego opera desde la gestión de 1981 procesando sus cargas mineralógicas procedentes de las minas de San Lorenzo, Colquechaquita, Reserva y Tres Amigos , este procesamiento de la planta comprende etapas de trituración el cual será enfatizado en el presente estudio, molienda, flotación, filtración de minerales de complejo de plomo plata y zinc, almacenando sus colas a un dique., La planta también tiene otras áreas de operación tales como la selección de mantenimiento, instrumentación, sección de almacén, sección de laboratorio químico y la sección de Medio Ambiente Seguridad y Salud Ocupacional.

Definición de plomo

Plomo (del latín plumbum) es el elemento químico de número atómico 82, cuyo símbolo es Pb. Se trata de un metal que se encuentra en la cerusita, la anglesita y la galena, pero que resulta escaso en la corteza terrestre. El plomo es blando, maleable y resistente a la corrosión. Está entre los metales pesados, es dúctil y se funde a bajas temperaturas. Entre los diversos usos del plomo, se encuentra la fabricación de canalizaciones y blindajes, además de diversas utilidades en la industria armamentística y química.

Es importante tener en cuenta que el plomo es tóxico. El envenenamiento producido por este metal se conoce como plumbosis o saturnismo. Cuando el plomo ingresa al cuerpo a través del agua ingerida, se habla de saturnismo hídrico.

El saturnismo produce anemia, altera el transporte de oxígeno, provoca daños neurológicos en el cerebro, genera alucinaciones y confiere agresividad al enfermo por los cambios metabólicos. El compositor y pianista Ludwig van Beethoven y el pintor Caravaggio sufrieron esta enfermedad. (Merino., 2014)

Riesgos por plomo

El principal riesgo del plomo es su toxicidad. La intoxicación por plomo ha sido siempre una de las enfermedades profesionales más importantes. Gracias a la prevención médica y técnica se ha logrado reducir notablemente el número de casos descritos y sus manifestaciones clínicas son menos graves. Sin embargo, ahora es evidente que pueden producirse efectos adversos con niveles de exposición antes considerados aceptables.

El consumo industrial de plomo va en aumento y los consumidores tradicionales se han ido reemplazando por nuevos usuarios, como la industria del plástico. Por este motivo, son muchas las profesiones en las que puede tener lugar una exposición al plomo.

En la minería del plomo se produce una absorción considerable de este elemento a través del aparato digestivo; en consecuencia, el grado de riesgo en esta industria depende, en parte, de la solubilidad de los minerales que se manipulen.

El sulfuro de plomo (PbS) en la galena es insoluble y su absorción por vía pulmonar es limitada; sin embargo, en el estómago, parte del sulfuro de plomo puede convertirse en cloruro de plomo ligeramente soluble y llegar a absorberse en cantidades moderadas.

En las fundiciones de plomo, los riesgos principales son los derivados del polvo de plomo que se produce durante las operaciones de triturado y molienda en seco y los humos y óxidos de plomo que se liberan durante la sinterización, la reducción en hornos altos y el refinado.

Las planchas y conducciones de plomo se utilizan principalmente para la fabricación de equipos de almacenamiento y manipulación de ácido sulfúrico. En la actualidad, el empleo de plomo para la conducción de agua o gas es muy limitado. Los riesgos del trabajo con plomo aumentan en función de la temperatura.

La demolición de estructuras de acero pintadas con pinturas fabricadas a base de plomo, como puentes y barcos, produce con frecuencia casos de intoxicación por plomo. Cuando el plomo metálico se calienta a una temperatura de 550 °C, se producen vapores de plomo que se oxidan. Es probable que así ocurra durante el refinamiento de metales, la fundición de bronce y latón, el rociado con plomo fundido, la soldadura autógena de plomo, la instalación de fontanería en las plantas químicas, la demolición de barcos y el cortado y soldadura de estructuras de acero recubiertas con pinturas que contienen tetróxido de plomo. (Nordberg, 2006)

Impacto causados por el elemento plomo

El plomo es un metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre. Su uso generalizado ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública.

Entre las principales fuentes de contaminación ambiental destacan la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje y, en algunos países, el uso persistente de pinturas y gasolinas con plomo. Más de tres cuartas partes del consumo mundial de plomo corresponden a la fabricación de baterías de plomo-ácido para vehículos de motor.

Sin embargo, este metal también se utiliza en muchos otros productos, como pigmentos, pinturas, material de soldadura, vidrieras, vajillas de cristal, municiones, esmaltes cerámicos, artículos de joyería y juguetes, así como en algunos productos cosméticos y medicamentos tradicionales. También puede contener plomo el agua potable canalizada a través de tuberías de plomo o con soldadura a base de este metal. En la actualidad, buena parte del plomo comercializado en los mercados mundiales se obtiene por medio del reciclaje.

Los niños de corta edad son especialmente vulnerables a los efectos tóxicos del plomo, que puede tener consecuencias graves y permanentes en su salud, afectando en particular al desarrollo del cerebro y del sistema nervioso. El plomo también causa daños duraderos en los adultos, por ejemplo, aumentando el riesgo de hipertensión arterial y de lesiones renales. En las embarazadas, la exposición a concentraciones elevadas de plomo puede ser causa de aborto natural, muerte fetal, parto prematuro y bajo peso al nacer, y provocar malformaciones leves en el feto. (OMS, 2013)

Fuentes y vías de exposición

Las personas pueden verse expuestas al plomo en su puesto de trabajo o en su entorno, principalmente a través de:

- La inhalación de partículas de plomo generadas por la combustión de materiales que contienen este metal (por ejemplo, durante actividades de fundición, reciclaje en condiciones no seguras o decapado de pintura con plomo, o al utilizar gasolina con plomo)
- La ingestión de polvo, agua o alimentos contaminados (por ejemplo, agua canalizada a

través de tuberías de plomo o alimentos envasados en recipientes con esmalte de plomo o soldados con este metal).

Otra posible fuente de exposición al plomo es el uso de determinados productos cosméticos y medicamentos tradicionales.

Los niños de corta edad son particularmente vulnerables porque, según la fuente de contaminación de que se trate, llegan a absorber una cantidad de plomo entre 4 y 5 veces mayor que los adultos. Por si esto fuera poco, su curiosidad innata y la costumbre, propia de su edad, de llevarse cosas a la boca, los hace más propensos a chupar y tragar objetos que contienen plomo o que están recubiertos de este metal (por ejemplo, tierra o polvo contaminado o escamas de pintura con plomo).

Una vez dentro del cuerpo, el plomo se distribuye hasta alcanzar el cerebro, el hígado, los riñones y los huesos, y se deposita en dientes y huesos, donde se va acumulando con el paso del tiempo. El plomo almacenado en los huesos puede volver a circular por la sangre durante el embarazo, con el consiguiente riesgo para el feto. Los niños con desnutrición son más vulnerables al plomo porque sus organismos tienden a absorber mayores cantidades de este metal en caso de carencia de otros nutrientes, como el calcio. Los grupos expuestos a mayor riesgo son los niños de corta edad (incluidos los fetos en desarrollo) y los pobres.

Síntomas asociados con la toxicidad del plomo

La toxicidad leve por exposición al plomo puede producir:

- Mialgia o parestesia.
- Fatiga leve.
- Irritabilidad.
- Letargo.
- Molestias abdominales ocasionales.

Los signos y síntomas asociados a una toxicidad moderada son los siguientes:

- Artralgia

- Fatiga general.
- Dificultad para concentrarse.
- Agotamiento muscular.
- Temblor.
- Cefalea.
- Dolor abdominal difuso.
- Vómitos.
- Pérdida de peso.
- Estreñimiento.

Los signos y síntomas de toxicidad grave son:

- Paresis o parálisis;
- Encefalopatía, que puede producir de forma repentina convulsiones, alteraciones de la consciencia, coma y la muerte;
- Ribete azul (gris azulado) en las encías,
- Cólicos (intermitentes o cólicos abdominales graves)

Algunos de los signos hematológicos de la intoxicación por plomo simulan otras enfermedades o trastornos. Para el diagnóstico diferencial de la anemia microcítica, suele ser posible descartar la intoxicación por plomo determinando la concentración de plomo en la sangre venosa; si el nivel de plomo en sangre es inferior a 25 µg/dl, la anemia refleja una carencia de hierro o hemoglobinopatía. Dos enfermedades raras, la porfiria intermitente aguda y la coproporfiria, producen alteraciones similares a las de la intoxicación por plomo. También otros efectos de la intoxicación por plomo pueden dar lugar a confusiones. (Nordberg, 2006)

Fuentes de contaminación

Así como varios otros metales, el plomo en su forma natural tiene poca importancia como fuente de contaminación del ambiente. Al contrario, con el crecimiento de las actividades industriales las fuentes contaminantes del medio con éste y otros metales han aumentado importantemente. Lo más frecuente es que la contaminación del medio con plomo sea producida por actividades

humanas en la minería y en la industria y por la combustión en los vehículos automotores. La caracterización de las fuentes como fuentes del ambiente ocupacional y fuentes del ambiente general se hace sólo para facilitar la identificación de las fuentes principales, ya que epidemiológicamente lo más importante es considerar la exposición total del individuo, lo que implica la exposición a las emisiones del conjunto de los dos grandes tipos de fuentes mencionadas.

Fuentes de contaminación en el ambiente ocupacional.

Al hablar de fuentes de contaminación en el ambiente ocupacional es importante señalar que estas son además responsables, en gran parte, de la contaminación del ambiente general, lo que determinará en gran medida la exposición a la que estará sometida la población general. Así, los individuos que están expuestos ocupacionalmente, también pueden estar expuestos en el ambiente general y, además, a través del plomo presente en sus ropas, representan una fuente de contaminación importante para su hogar, afectando principalmente a los niños, que presentan una mayor susceptibilidad a la intoxicación.

Minería de fundición.

Las actividades de la minería del plomo son la fuente de exposición más evidente, aun cuando las concentraciones más altas de plomo, en este tipo de ambiente, están bajo la forma de sulfuros de plomo, los cuales son insolubles y por lo que sólo tienen importancia por la posibilidad de ser ingeridos, con una absorción digestiva moderada.

La exposición no sólo es importante para los mineros que trabajan en las mismas instalaciones, sino para otros trabajadores, principalmente los del proceso de fundición, el cual es el que presenta el mayor riesgo para la salud de entre todas las industrias de este metal, ya que durante la fundición el plomo calentado desprende vapores con partículas de tamaño respirable ($<5 \mu\text{m}$) a concentraciones altas, tales como 200 a 300 μg de plomo por metro cúbico de aire.

Fuentes de contaminación en el ambiente general.

El transporte y la distribución del plomo en el ambiente aún necesitan de investigación. El ambiente en general es fundamentalmente contaminado por las actividades antropogénicas.

El mecanismo primario a través del cual se produce la extensa y variada contaminación antropogénica del ambiente, lo constituye la emisión hacia el aire del metal o sus compuestos, ruta por medio de la cual se logra una muy alta capacidad contaminante de prácticamente todos los componentes ambientales.

- **Aire.**

La presencia del plomo en el aire adquiere interés por la facilidad con que puede penetrar por la vía respiratoria y ser absorbido por el organismo. La mayor parte del plomo en el aire se presenta bajo la forma de partículas finas. No se sabe mucho sobre la forma química más importante en que el plomo se presenta en el aire. Se ha determinado en él la presencia de haluros, óxidos, sulfatos y carbonatos de plomo.

El plomo de la corteza terrestre no contamina importantemente en forma natural el aire, como ocurre con otros metales. Las emisiones antropogénicas de plomo hacia el aire (fundiciones, industrias y vehículos motorizados) son la causa más importante de contaminación de éste y son en general, por lo menos, unas 20 veces mayores que las emisiones naturales. Alrededor del 50% o más del plomo emitido al aire por fuentes antropogénicas, corresponde al proveniente de vehículos automotores (gasolina con aditivos de plomo). Las concentraciones de plomo en el aire de algún lugar particular van a depender tanto del tipo y de la extensión y distribución de las Fuentes emisoras como de las condiciones naturales de dispersión (condiciones meteorológicas).

- **Agua.**

El agua en áreas no contaminadas presenta naturalmente concentraciones bajas de plomo, 1 µg/l en aguas superficiales y alrededor de 8 µg/l en los ríos. Las concentraciones de plomo en el agua

de mar son más bajas que en el agua de ríos y lagos. En aguas oceánicas superficiales se observan concentraciones de 0,05 a 0,4 $\mu\text{g/l}$, en aguas subterráneas de hasta 1 000 m, se han observado concentraciones de alrededor de 0,03 $\mu\text{g/l}$.

El agua, al igual que el aire, se transforma en una fuente de contaminación para la flora y la fauna acuáticas y para el hombre, en la medida que sea contaminada por actividades antropogénicas. En las regiones en donde hay contaminación, estas concentraciones son muy variables e incluso se pueden elevar mucho y así se han encontrado niveles de hasta 100 $\mu\text{g/l}$. Las concentraciones de plomo en agua potable también han variado mucho; se han verificado niveles de 3,7 hasta 139 $\mu\text{g/l}$, sobrepasando en ocasiones el límite de 50 $\mu\text{g/l}$ establecido por la OMS. Ya en algunos países se han descrito cuadros de saturnismo atribuidos a concentraciones de plomo en agua potable de hasta 2,6 mg/l .

La exposición al plomo a través del agua es, sin embargo, mínima debido a que forma esencialmente compuestos insolubles del tipo carbonatos y sulfatos; además, el agua potable tiende a tener en líneas generales menor contenido de plomo que el agua no tratada de la fuente, debido a que el plomo se en parte removido por las plantas convencionales de tratamiento de agua potable. Cuando se detectan niveles elevados de plomo en la red y en los estanques de almacenamiento, especialmente en el caso de aguas blandas y de pH bajo, habitualmente con resultado de la corrosión sobre estas estructuras cuando han sido elaboradas con plomo. El consumo humano de agua, sobre la base de 2 litros diarios, puede significar un aporte habitual de plomo al organismo humano variable de 10 μg a 1 mg o más al día. Dados estos antecedentes, la importancia de las concentraciones de plomo en el agua debe ser considerada según el uso que el hombre le dé.

- **Suelo.**

En zonas alejadas de la actividad humana, la concentración media de plomo en el suelo es semejante a la concentración natural en la corteza o en las rocas, de 5 a 25 mg/kg . En áreas contaminadas, se pueden encontrar en el suelo concentraciones de hasta 8 g/kg .

El suelo es contaminado principalmente por depósito de partículas del aire y por agua contaminada por actividades industriales que implique la presencia del elemento plomo. (OPS, 1979)

Análisis de laboratorio

Si existen sospechas de pica o de ingestión accidental de objetos que contengan plomo (como los pesos de las cortinas o de las cañas de pescar) debe realizarse una radiografía abdominal. El análisis del cabello no suele ofrecer una valoración adecuada de la toxicidad por plomo, pues no se ha encontrado una correlación entre la cantidad de plomo en el cabello y el nivel de exposición.

La probabilidad de contaminación ambiental de las muestras de laboratorio con plomo y la preparación poco reproducible de las muestras hace que los resultados del análisis del cabello sean difíciles de interpretar. Las pruebas de laboratorio recomendadas para evaluar la intoxicación por plomo son las siguientes:

- RHC con frotis periférico;
- Niveles de plomo en sangre;
- Niveles de protoporfirina eritrocítica.
- NUS y niveles de creatinina.
- Análisis de orina.

Nivel de plomo en sangre.

El nivel de plomo en sangre es la prueba diagnóstica y de exploración más útil para la exposición al plomo. El nivel de plomo en sangre refleja el equilibrio dinámico entre la absorción, la excreción y el depósito en los compartimentos de tejidos blandos y duros. En el caso de la exposición crónica, los niveles de plomo en sangre generalmente subestiman la carga corporal total; sin embargo, es la medida de la exposición al plomo más común y ampliamente aceptada.

Los niveles de plomo en sangre responden de forma relativamente rápida a los cambios bruscos o intermitentes en la ingesta de plomo (por ejemplo, la ingestión de trocitos de pintura desprendidos en los niños) y, en un rango limitado, muestran una relación lineal con los niveles ingeridos.

Actualmente, el nivel medio de plomo en sangre en la población de EE.UU., por ejemplo, es inferior a 10 µg/dl, y ha disminuido desde un nivel medio de 16 µg/dl en el decenio de 1970, antes de que la legislación regulara el contenido en plomo de la gasolina. Un nivel de plomo en sangre de 10 µg/dl es aproximadamente tres veces superior al nivel medio registrado en poblaciones más lejanas.

Los niveles que definen la intoxicación por plomo se han ido rebajando progresivamente. En conjunto, pueden observarse efectos en una amplia gama de concentraciones de plomo en sangre, sin que existan indicios de un umbral. Para los niños no se ha determinado ningún nivel seguro. Incluso en los adultos, se han ido descubriendo efectos con dosis cada vez más bajas a medida que se desarrollan métodos de análisis y de medición más sensibles.

Control del plomo en el ambiente de trabajo

En el pasado, la intoxicación clínica por plomo fue una de las enfermedades profesionales más importantes, e incluso en la actualidad sigue representando un riesgo importante.

Los conocimientos científicos sobre los efectos tóxicos del plomo se ha enriquecido desde el decenio de 1980 con nuevos e importantes conocimientos sobre los efectos subclínicos más sutiles. Asimismo, en varios países se ha considerado necesario readaptar o modernizar las medidas de protección en el trabajo, establecidas desde hacía más de medio siglo.

En noviembre de 1979, la Administración para la Salud y la Seguridad en el Trabajo de Estados Unidos (OSHA), promulgó la Norma definitiva sobre exposición laboral al plomo, y en noviembre de 1980, se publicó en el Reino Unido un Código de instrucciones muy completo relativo al control del plomo durante el trabajo.

Las principales características de la legislación, normativas y códigos de instrucciones que aparecieron en el decenio de 1970 para la protección de la salud de los trabajadores en el ambiente de trabajo tendían a establecer sistemas exhaustivos que abarcaran todas las situaciones laborales en que esté presente el plomo y a conceder una importancia equivalente a las medidas de higiene, el control del ambiente y la vigilancia de la salud, incluidos los controles biológicos.

La mayoría de los códigos de instrucciones abordan los siguientes aspectos:

- Evaluación del trabajo en que las personas resultan expuestas al plomo.
- Información, instrucción y formación.
- Medidas de control de los materiales, las instalaciones y los procesos.
- Aplicación y mantenimiento de las medidas de control.
- Equipos de protección respiratoria y ropa protectora.
- Limpieza e instalaciones para la higiene personal.
- Separación de las áreas para comer, beber y fumar.
- Obligación de evitar la dispersión de la contaminación por plomo.
- Control del aire.
- Vigilancia médica y controles biológicos.
- Creación y actualización de registros.

Algunas normativas, como la relativa al plomo de la OSHA, especifican el límite de exposición admisible al plomo en el lugar de trabajo, la frecuencia y el nivel de los reconocimientos médicos y otras responsabilidades de la empresa. Con arreglo a esta norma, si el control en sangre muestra niveles de plomo superiores a 40 µg/dl, se deberá notificar al trabajador por escrito y proceder a un reconocimiento médico.

Si el nivel de plomo en sangre de un trabajador alcanza los 60 µg/dl (o presenta un nivel medio igual o superior a 50 µg/dl), la empresa está obligada a retirar al trabajador del lugar de

exposición excesiva, manteniendo su antigüedad y su salario, hasta que los niveles de plomo en sangre del empleado disminuyan a menos de 40 µg/dl (29 CFR 91 O.1025) (prestaciones de protección por retirada médica).

Medidas de salud y seguridad

La finalidad de estas precauciones es, en primer lugar, prevenir la inhalación del plomo y, en segundo lugar, evitar su ingestión. La forma más eficaz de alcanzar estos objetivos es sustituir los compuestos de plomo por sustancias menos tóxicas.

En muchos casos en que no es posible evitar el uso del plomo, sí puede evitarse el polvo de este metal. Se puede rociar agua en grandes cantidades para evitar la formación de polvo y su dispersión en el aire. En la fundición de plomo, los minerales y restos pueden tratarse de la misma forma y se puede mantener húmedo el suelo en que se ha depositado el plomo. Por desgracia, cuando el material tratado o el suelo se dejan secar, siempre habrá una fuente potencial de polvo. En algunos casos, se modifican los procesos para que produzcan polvo grueso en lugar de fino. Los trabajadores que están expuestos al plomo en cualquiera de sus formas deben contar con un equipo de protección individual (EPI) adecuado, que debe lavarse o cambiarse regularmente.

La ropa protectora de determinadas fibras sintéticas retiene menos polvo que los monos de algodón y debe utilizarse siempre que las condiciones de trabajo lo permitan. Hay que evitar la ropa con vueltas, pliegues y bolsillos en los que se pueda acumular el polvo.

Se debe disponer de armarios especiales para el EPI, con compartimentos separados para la ropa de calle, y de instalaciones sanitarias con duchas de agua caliente, que deberán utilizarse. Se ha de dar a los trabajadores el tiempo necesario para lavarse antes de comer y debe estar prohibido comer y fumar en las proximidades de las áreas en que se procesa el plomo.

La limpieza de las salas y el edificio en que se procesa el plomo es esencial y debe realizarse

continuamente ya sea por un proceso en húmedo o con aspiradores. Cuando, a pesar de estas precauciones, los trabajadores sigan estando expuestos al plomo, deberán contar con un equipo de protección respiratoria adecuadamente mantenido. Dicho equipo deberá revisarse para garantizar su limpieza y eficacia; también se vigilará que se utilice en caso necesario. (Nordberg, 2006)

Puntos de exposición

Son aquellos lugares donde ocurre el contacto del hombre con el contaminante.

La Concentración del contaminante en el punto de exposición, es la concentración que realmente importa, ya que representa la concentración real a la cual se encuentra expuesta la población. Es importante conocer los puntos de exposición para saber el grado de incidencia que puede tener sobre la población que vive en el área. Como también las vías que utiliza.

Vías de exposición

La vía de exposición para el aire es la inhalatoria. Pequeñas partículas de suelo y polvo podrían ser inhaladas. Algunos contaminantes inorgánicos y metal inorgánicos pueden entrar al cuerpo humano a través de la piel (vía dérmica).

Conociendo las vías de exposición se podrá determinar, si los problemas fisiológicos entran por medio de la piel o alguna sustancia líquida. (Ambiental, 2014)

Poblaciones de alto riesgo

Las poblaciones en alto riesgo son aquellas que cuentan con todas las actividades minero-metalúrgicas, como ser: la explotación, traslado, concentración y retención de colas, desmontes no controlados. Además que la mayoría de sus habitantes presenta problemas fisiológicos. Una población en riesgo es aquel grupo o segmento de una población definida que tiene características asociadas con una probabilidad significativamente mayor

de desarrollar una enfermedad o algún estado o condición anormal. (Montevideo-Uruguay, 2015)

En poblaciones que se encuentren altas concentraciones de elementos pesados se puede determinar como zona de riesgo, pero también si dentro de una muestra de polvo se encuentran, elevadas cantidades. (Ambiental, 2014)

Control de las exposiciones mediante la intervención.

Una vez que se identifica y evalúa un riesgo, debe decidirse qué intervenciones (métodos de control) son las más adecuadas para controlar ese riesgo concreto. Los métodos de control suelen dividirse en tres categorías:

- Controles técnicos.
- Controles administrativos.
- Equipos de protección personal.

Como con cualquier otro cambio en los procesos de trabajo, el éxito de estas intervenciones depende de la formación que reciba el personal.

Los controles técnicos son cambios en los procesos o equipos que reducen o eliminan la exposición a un agente. Por ejemplo, la sustitución de una sustancia por otra menos tóxica o la instalación de un sistema de ventilación localizada que elimina los vapores generados durante una etapa del proceso, son ejemplos de controles técnicos. Algunos controles técnicos para el ruido son, por ejemplo, la instalación de materiales insonorizantes, cerramientos o silenciadores en las salidas de aire. Otro tipo de control técnico puede consistir en cambiar el propio proceso. Un ejemplo de este tipo de control sería la eliminación de una o más etapas desengrasantes en un proceso que antes requería tres etapas.

Al eliminar la necesidad de realizar la tarea que producía la exposición, se controla la exposición total del trabajador. La ventaja de los controles técnicos es que requieren una participación

relativamente pequeña del trabajador, que puede proseguir con su trabajo en un medio ambiente más controlado si, por ejemplo, los contaminantes se eliminan automáticamente de la atmósfera. Esto contrasta con la situación en la que se elige como método de control un respirador que debe llevar el trabajador mientras realiza la tarea en un lugar de trabajo “no controlado”.

Además de instalar activamente controles técnicos en los equipos existentes, una empresa puede adquirir nuevos equipos que lleven incorporados esos controles u otros más eficaces. En general, el enfoque combinado suele ser el más eficaz (es decir, la instalación de algunos controles técnicos y el uso de equipos de protección personal hasta que se adquieran nuevos equipos con controles más eficaces, que permiten prescindir de los equipos de protección personal). Algunos ejemplos comunes de controles técnicos son:

- Ventilación (ventilación tanto general como localizada);
- Aislamiento (colocación de una barrera entre el trabajador y el agente);
- Sustitución (sustitución por materiales menos tóxicos e inflamables, etc.);
- Cambios en el proceso (eliminación de etapas peligrosas).

El higienista industrial debe tener en cuenta las tareas que realiza el trabajador y solicitar su participación en el diseño o elección de los controles técnicos. Por ejemplo, la instalación de barreras en el lugar de trabajo puede dificultar considerablemente la capacidad de un trabajador para realizar su trabajo y podría reducir su rendimiento. Los controles técnicos son el método más eficaz para reducir las exposiciones. Con frecuencia, son también el más caro. Puesto que los controles técnicos son eficaces y costosos, es importante que se consiga la máxima participación de los trabajadores en su elección y diseño. Así debería aumentar la probabilidad de que los controles reduzcan las exposiciones.

Los controles administrativos son cambios en la manera en que un trabajador realiza las tareas correspondientes a su puesto de trabajo; por ejemplo, reducción del tiempo de trabajo en una zona en la que se producen exposiciones, o cambios en las prácticas de trabajo, como rectificación de la posición del cuerpo para reducir la exposición. Los controles administrativos pueden aumentar la eficacia de una intervención, pero presentan varias desventajas:

- La rotación de los trabajadores puede reducir la exposición media total durante una

jornada de trabajo, pero aumenta el número de trabajadores que se verán sometidos a elevadas exposiciones durante períodos cortos de tiempo. A medida que se conoce más sobre los tóxicos y sus mecanismos de actuación, se sabe que las exposiciones pico de corta duración pueden representar un riesgo mayor del que se estimaría por su contribución a la exposición media.

- La modificación de las prácticas de trabajo puede representar un importante reto de aplicación y seguimiento. La aplicación y el seguimiento de las prácticas de trabajo determinan su eficacia. Esta atención constante que requieren los controles administrativos supone un importante coste.

El equipo de protección personal está compuesto por los elementos que se entregan al trabajador para que los lleve puestos mientras realiza determinadas tareas (o todas ellas) de su puesto de trabajo; algunos de esos elementos son los respiradores, las gafas, los guantes protectores y las pantallas de protección facial. El equipo de protección personal suele utilizarse cuando los controles técnicos no han conseguido controlar la exposición a unos niveles aceptables o cuando dichos controles no son factibles (por razones operativas o de coste). El equipo de protección personal puede ofrecer una protección importante a los trabajadores si se lleva y se utiliza correctamente. En el caso de la protección de las vías respiratorias, el factor de protección (relación entre la concentración fuera y dentro del respirador) puede ser de 1.000 o más para los respiradores de aire suministrado con presión positiva o de hasta 10 para los respiradores que purifican el aire y ocupan la mitad de la cara. Los guantes (si se elige un modelo adecuado) pueden proteger las manos durante horas contra los disolventes. Las gafas protectoras ofrecen una protección eficaz contra las salpicaduras de sustancias químicas.

Frecuencia de la exposición

El modelo clásico para evaluar la toxicidad utiliza la siguiente relación:

$$\text{TIEMPO} \times \text{CONCENTRACION} = \text{DOSIS}$$

La dosis, es la cantidad de material que está disponible para su absorción. Hasta ahora se ha hablado de intentar minimizar (reducir) el componente de la concentración en esta ecuación. También se puede reducir la duración de la exposición (la razón que justifica los controles

administrativos). Así se reduciría igualmente la dosis. El problema aquí no es que el trabajador pase cierto tiempo en una zona contaminada, sino la frecuencia con que realiza una operación (tarea). Esta distinción es importante. En el primer ejemplo, la exposición se controla alejando a los trabajadores de la zona en la que están expuestos a determinada cantidad de un agente tóxico. El esfuerzo de la intervención no está encaminado hacia el control de la cantidad de sustancia tóxica (en muchas situaciones, puede utilizarse un enfoque combinado). En el segundo caso, la frecuencia de la operación se utiliza para introducir los controles adecuados, no para establecer un horario de trabajo. Por ejemplo, si una operación, como el desengrasado, es realizada rutinariamente por un trabajador, los controles pueden consistir en medidas de ventilación, sustitución por un disolvente menos tóxico o incluso automatización del proceso. Si la operación se realiza con poca frecuencia (p. ej., una vez al trimestre), los equipos de protección personal pueden constituir una alternativa adecuada (dependiendo de muchos de los factores que se describen en esta sección). Como ilustran estos dos ejemplos, la frecuencia con que se realiza una operación puede afectar directamente a la selección de controles. Cualquiera que sea la situación de exposición, la frecuencia con que un trabajador realiza las tareas debe tenerse en cuenta a la hora de elegir los controles.

Obviamente, la vía de exposición influye en la elección del método de control. Si se trata de un irritante respiratorio, se considerará el uso de ventilación, respiradores, etc. El reto para el higienista industrial es identificar todas las vías de exposición. Por ejemplo, los éteres de glicol se utilizan como disolventes transportadores en las operaciones de impresión. Se puede medir su concentración atmosférica en la zona de respiración e introducir controles. Sin embargo, los éteres de glicol se absorben rápidamente a través de la piel intacta. La piel representa una importante vía de exposición y debe tenerse en cuenta. De hecho, si se usan unos guantes inadecuados, la exposición de la piel puede continuar mucho tiempo después de que se haya reducido la exposición ambiental (si el trabajador sigue utilizando los guantes contaminados). El higienista debe evaluar la sustancia □sus propiedades físicas, químicas y toxicológicas□ para determinar qué vías de exposición son posibles y probables (dependiendo de las tareas que realiza el trabajador).

A la hora de elegir los controles, uno de los factores que deben tenerse en cuenta son los requisitos normativos al respecto. Puede haber códigos profesionales, reglamentos, etc., que impongan una

determinada serie de controles.

Industrial puede actuar con flexibilidad respecto de los requisitos normativos, pero debe aplicar los controles mínimos obligatorios. Otro aspecto de los requisitos normativos es que los controles obligatorios pueden ser menos eficaces o entrar en conflicto con la opinión del higienista industrial. En estas situaciones, el higienista debe ser creativo y encontrar soluciones que satisfagan tanto los requisitos normativos como los objetivos de buena práctica de la organización. (Nordberg, 2006)

Organización Mundial de la Salud en materia de Contaminación por plomo

La OMS ha incluido el plomo dentro de una lista de diez productos químicos causantes de graves problemas de salud pública que exigen la intervención de los Estados Miembros para proteger la salud de los trabajadores, los niños y las mujeres en edad fecunda.

La OMS ha publicado en su sitio web información sobre el plomo, como información para los responsables de la formulación de políticas, recomendaciones técnicas y material de promoción. La Organización está elaborando una serie de directrices para la prevención y el tratamiento de la intoxicación por plomo; su finalidad es ofrecer a los responsables de la formulación de políticas, las autoridades de salud pública y los profesionales sanitarios una orientación de base científica sobre las medidas que se pueden adoptar para proteger la salud de la población, tanto infantil como adulta, frente a la exposición al plomo.

1.2. Descripción del contexto social, económico y cultural en el que se realiza la investigación.

En Bolivia, la seguridad y salud en el trabajo es un derecho de las personas incluido en la misma Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia. Tal y como establece su artículo 46.1, los ciudadanos bolivianos tienen reconocido el “derecho al trabajo digno, con seguridad industrial, higiene y salud ocupacional, sin discriminación y con remuneración o salario justo, equitativo y satisfactorio, que le asegure para sí y su familia una existencia digna”.

Este deber irrenunciable se ha traducido con los años en la elaboración de leyes y otras normas

que tienen por objeto la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores frente a los riesgos a los que está expuesto con ocasión del ejercicio de sus labores.

Ley General de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar (aprobada por Decreto Ley no. 16998, del 2 de agosto de 1979): Se trata de la principal norma del país en materia de seguridad y salud ocupacional. En ella se establece la protección a las personas y el medioambiente, se consagra la participación tripartita, al igual que las obligaciones del empresario en materia de SST, la organización y las políticas a cargo del Ministerio de Trabajo y Salud y del Consejo Nacional Tripartito. Esta Ley tiene por objeto preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones. (Laborales, P. d., 2020)

Regulaciones nacionales e internacionales

El plomo afecta adversamente muchos sistemas del cuerpo, lo cual conduce al deterioro de la salud y enfermedades que surgen después de periodos de exposición tan cortos como días (exposición aguda) o hasta varios años (exposición crónica). La frecuencia y severidad de los síntomas médicos se incrementa con la concentración de plomo en la sangre. Los síntomas comunes de envenenamiento agudo son: pérdida de apetito, náuseas, vómito, calambres en el estómago, estreñimiento, dificultad para dormir, fatiga, mal humor, dolor de cabeza, dolores articulares o musculares, anemia y disminución del deseo sexual. El envenenamiento agudo a causa de exposición ocupacional no controlada, ha resultado en muertes. A largo plazo (crónicos), la sobreexposición al plomo puede generar graves daños a diferentes sistemas: el que forma la sangre, el nervioso, el urinario y el reproductor. Las siguientes referencias proporcionan información sobre los efectos del plomo (OSHA). Entre los organismos existentes con respecto a la inspección y la regulación de la exposición ocupacional al plomo, encontramos:

- Convenio de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) relativo a la inspección del trabajo en la industria y el comercio. 1969

- Convenio de la OIT sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos profesionales debido a la contaminación del aire, el ruido y las vibraciones en el lugar de trabajo. 1977

- Convenio de la OIT sobre el empleo de la Cerusa en la pintura. 1921

- La Convención de 1981 de la OIT sobre seguridad y salud N° 155 y sus recomendaciones N° 164, dispone que se adopten medidas políticas nacionales de seguridad y salud en el trabajo, y estipula las actuaciones necesarias tanto a nivel nacional como empresarial para impulsar la seguridad y la salud en el trabajo y la mejora del medioambiente.

- La Convención de 1985 de la OIT sobre seguridad y salud N° 161 y sus recomendaciones N° 171, dispone la creación de servicios de salud laboral que contribuyan a la implantación de medidas y políticas de seguridad y salud en el trabajo. 1998, instrucciones técnicas y éticas para la vigilancia de la salud de los trabajadores.

En la Unión Europea existen los siguientes organismos relacionados con la seguridad y la salud en el trabajo.

- El Comité Consultivo para la seguridad, la higiene y la protección de la salud en el centro de trabajo.

- Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo, con sede en Bilbao (España).

- Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y de Trabajo, con sede en Dublín (Irlanda).

- La Comisión Internacional de Salud Laboral (ICOH).

- La Asociación Internacional de la Seguridad Social (ISSA).

- Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS).

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) y el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC), indican que aproximadamente

827.000 trabajadores de Estados Unidos están potencialmente expuestos a plomo en el trabajo.

En 1979, la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) promulgó una norma para la exposición ocupacional al plomo, la cual exige que en los lugares de trabajo donde se usa plomo, los empleadores deben controlar la contaminación en el aire. Cuando las concentraciones de plomo en el aire son superiores a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (como promedio durante un

turno laboral de 8 horas), los empleadores deben ofrecer un programa de higiene industrial y vigilancia médica (incluida la vigilancia de plomo en sangre).

De acuerdo con la OSHA (PEL), en un turno laboral de 8 horas el límite de exposición permisible para el plomo es de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otra parte, la OSHA ha establecido que la reducción de la exposición al plomo debe contar con una prioridad estratégica alta. Por lo tanto, se ha establecido un plan estratégico cuyo objetivo principal es reducir en un 15% la exposición al plomo o los niveles de plomo en la sangre de los trabajadores en determinadas industrias y lugares de trabajo. En Colombia no existen regulaciones concretas que garanticen ambientes laborales libres de exposición a este metal tóxico; de ahí que se han hallado niveles de plomo en sangre superiores a los permitidos en trabajadores, lo que indica que en el país las medidas de control son insuficientes (González y Rojas, 2008).

La Tabla 1 muestra la comparación de criterios de valoración de nivel de acción y valores límite de exposición al plomo en la comunidad científica internacional. Lo cual se constituye en un referente para prevenir daños a la salud de los trabajadores. (N. Pájaro, 2015)

Tabla 1 Niveles de acción y valores límite de exposición al plomo según comunidades internacionales

Descripción	Tipo muestra (Unidades)	Comunidades internacionales					
		España	CEE	ACGIH	OSHA	NIOSH	OMS
Nivel de acción del	Plomo en sangre	-	50	-	-	-	-
	Plomo ambiental	75	75	-	30	-	-
Valores de exposición	Plomo en sangre	70-80	70-80	30	50	60	40 H 30 M
	Plomo ambiental (mg/m^3)	150	150	50	50	100	Mujer en edad fértil

H: Hombre; M: Mujer

Fuente: González y Rojas, 2008.

La operación metalúrgica de Don Diego opera desde la gestión de 1981 procesando sus cargas mineralógicas procedentes de las minas de San Lorenzo, Colquechaquita, Reserva y Tres Amigos, este procesamiento de la planta comprende etapas de trituración, molienda, flotación, filtración y comercialización de minerales de complejo de plomo, plata y zinc. Esta se encuentra en la comunidad de Don Diego a 23 Km. de la ciudad de Potosí.

Gráfica 1 Ubicación satelital de la planta concentradora de minerales Don diego



Fuente: Google maps

Tabla 2 Datos de ubicación geográfica de la planta concentradora de minerales Don Diego.

Dirección	Don Diego
Latitud	-19.501593
Longitud	-65.592224
Altura	3588 m.s.n.m.

Fuente: Adaptado Google maps

CAPITULO II

2.1. Diagnostico

Se utilizo los datos de los exámenes ocupacionales, de todos los trabajadores de la planta, para poder realizar un estudio de estos resultados se los comparo con los años de trabajo y la edad de los trabajadores; además de del área de trabajo, esto con la finalidad de poder realizar un estudio más amplio y poder ubicar el lugar de mayor incidencia,

En la tabla 3 se encuentra los resultados de plomo en la sangre, la cual esta expresada en mg/m³.

Tabla 3 Datos de trabajadores y resultados de plomo en sangre.

TRABAJADOR	RESULTADO DE PLOMO EN LA SANGRE mg/m ³	CARGO	AÑOS DE TRABAJO	EDAD DEL TRABAJADOR
TRABAJADOR 1	9	PERSONAL ADMINISTRATIVO	11	55
TRABAJADOR 2	7		13	41
TRABAJADOR 3	3		0	29
TRABAJADOR 4	3		24	50
TRABAJADOR 5	14		2	29
TRABAJADOR 6	5		0	31
TRABAJADOR 7	10		4	37
TRABAJADOR 8	6		14	46
TRABAJADOR 9	18	PERSONAL DEL AREA ELECTRICA Y MANTENIMIENTO	24	53
TRABAJADOR 10	14		24	53
TRABAJADOR 11	18		17	53
TRABAJADOR 12	16		14	37
TRABAJADOR 13	5		19	59
TRABAJADOR 14	9		24	50
TRABAJADOR 15	11		4	30
TRABAJADOR 16	27	JEFES DE PUNTA INGENIO	27	46
TRABAJADOR 17	22		34	56
TRABAJADOR 18	7		34	61
TRABAJADOR 19	5	OPERADOR EQUIPO PESADO	23	49
TRABAJADOR 20	10		15	35
TRABAJADOR 21	13		19	44
TRABAJADOR 22	17	CHANCADORISTAS	12	40
TRABAJADOR 23	16		5	38
TRABAJADOR 24	7		16	46
TRABAJADOR 25	9		14	36
TRABAJADOR 26	5		9	37

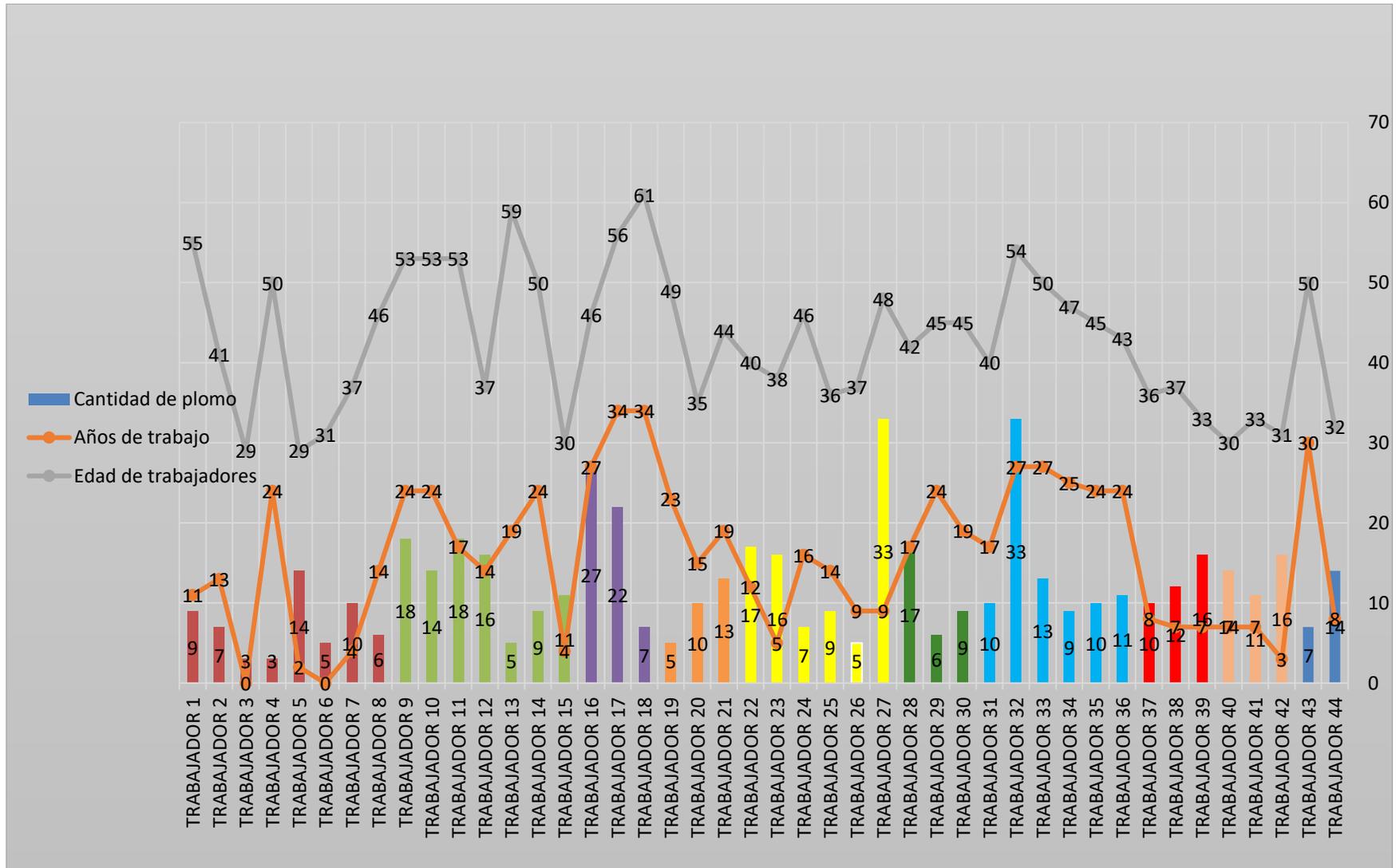
TRABAJADOR 27	33		9	48
TRABAJADOR 28	17	MOLINEROS	17	42
TRABAJADOR 29	6		24	45
TRABAJADOR 30	9		19	45
TRABAJADOR 31	10	FLOTADORISTAS	17	40
TRABAJADOR 32	33		27	54
TRABAJADOR 33	13		27	50
TRABAJADOR 34	9		25	47
TRABAJADOR 35	10		24	45
TRABAJADOR 36	11		24	43
TRABAJADOR 37	10	FILTREROS	8	36
TRABAJADOR 38	12		7	37
TRABAJADOR 39	16		7	33
TRABAJADOR 40	14	DIQUERO	7	30
TRABAJADOR 41	11		7	33
TRABAJADOR 42	16		3	31
TRABAJADOR 43	7		30	50
TRABAJADOR 44	14	ENCARGADO DE REACTIVOS	8	32

Fuente: Elaboración propia

Con los datos de la tabla 3 se pudo realizar la gráfica que se muestra a continuación, esta tabla se realizó con información obtenida de la empresa, la cual nos ayuda realizar es estudio de la presencia del elemento plomo, esta nos permitirá hacer un análisis comparativo.

Se muestran las áreas de trabajo por colores; por ejemplo, el área verde claro representa al personal del área eléctrica y mantenimiento.

Gráfica 2 Datos de trabajadores y resultados de plomo en sangre.



2.2. Conclusiones y recomendaciones

- Se realizo el estudio de la presencia del elemento plomo en trabajadores de la planta concentradora de minerales Don Diego del departamento de Potosí, esto fue gracias al análisis ocupacional que se realiza a los trabajadores, se pudo evidenciar que existe dicho elemento en la sangre de los trabajadores.
- Se logro mediante teoría identificar los peligros y riesgos relacionados con el elemento plomo en la salud de los trabajadores.
- Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parametros establecidos por la OMS que es de 40 mg/m³.
- Los trabajadores que tienen un mayor porcentaje de plomo en sangre son aquellos que llevan trabajando varios años en la empresa.
- Existe algunos trabajadores que no trabajaron muchos años en la empresa pero presentan una cantidad considerable de plomo, esto puede ser a causa del uso inapropiado de EPP, u otros factores externos a la empresa.
- Una de las areas de mayor incidencia es del area electrica y mantenimiento, esto llama la tencion ya que ellos no estan constantemente dentro de la planta, pero su nivel de plomo puede ser a causa del uso de sustancias que contengan plomo como pinturas, baterias, etc.
- Los trabajadores que presentan menor incidencia son los de personal administrativo.
- Es importante tener en cuenta que el plomo esta presente en nuestra vida diaria, es por ello que se recomienda tener sumo cuidado con los alimentos que consumimos y las cosas que utilizamos ya que podrian contener el elemento plomo

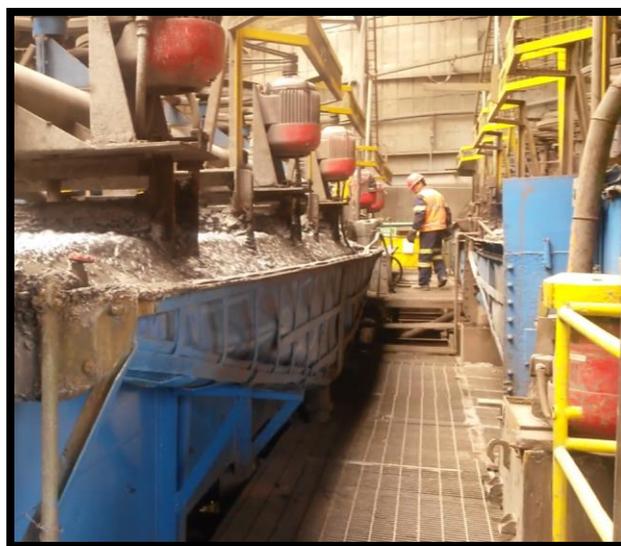
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ambiental, L. d. (2014). *Efectos en Salud Asociados con la Exposición a Residuos Peligrosos*. Mexico.
- Laborales, P. d. (05 de Junio de 2020). *Laborales, P. d.* Obtenido de Gobierno de España: <https://prl.ceoe.es/informacion/prl-en-el-mundo/bolivia/>
- Merino., J. P. (2014). *Definición de plomo*. Obtenido de <http://definicion.de/plomo/>
- Montevideo-Uruguay. (2015). *Contaminación por Plomo*.
- N. Pájaro, W. M. (2015). Revisión de las implicaciones ocupacionales por exposición al plomo.
- Nordberg, G. (2006). *Enciclopedia OIT Propiedades químicas y toxicidad de metales* .
- OMS. (2013). Intoxicación con plomo y la salud. . hoja informativa N ° 379.
- OPS. (1979). *Criterios de Salud Ambiental 3, Plomo*. Obtenido de www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/020751/020751-02.pdf

ANEXOS



Anexo 1. Área de molinos (trabajador con epp)



Anexo 2. Área de concentrados (trabajador con epp)